



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Reducción de metales en los efluentes de la planta de producción aplicando micronanoburbujas de aire en la fábrica Baterías Volta del distrito de Puente Piedra, Lima-2016”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

Priscila Dafne Grace García Bermudez

ASESOR:

Dr. Ing. Jhonny Valverde Flores

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Conservación y Protección de los Recursos Naturales

LIMA-PERÚ

2016 - II

JORNADA DE INVESTIGACIÓN N° 2
ACTA DE SUSTENTACIÓN

El Jurado encargado de evaluar el Trabajo De Investigación, PRESENTADO EN LA MODALIDAD DE : T.E.S. (indicar si es proyecto de Tesis o Tesis)

Presentado por don (a)

GARCÍA BERMUDEZ, PRISCILA DAFNE GRACE
Cuyo Título es: REDUCCIÓN DE METALES EN LOS EFLUENTES DE LA
PLANTA DE PRODUCCIÓN APLICANDO MICRONANOBUBUJAS DE AIRE EN
LA FABRICA BATERIAS VOLTA DEL DISTRITO DE FUENTE PIEDRA,
LIMA - 2016

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: ...12... (número) Do. C.E. (letras).

Lima 19 de Dic. del 2016

Carroll
PRESIDENTE

Setto Alessandro
SEGRETARIO

Johnny Walker
VOCAL

En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las dudas para dar el pase a Resolución.



PÁGINA DEL JURADO

Dr. Lorgio Valdiviezo Gonzales
PRESIDENTE

MSc. Verónica Tello Mendivil
SECRETARIO

Dr. Jhonny Valverde Flores
VOCAL

DEDICATORIA

Esta tesis es producto de un camino largo de gran esfuerzo y se la dedico a Dios porque fue el principal pilar para continuar, mi fortaleza, pese a muchas dificultades me ha mantenido firme en seguir con mi meta.

También a todas las personas que me apoyaron en especial mi madre, Elsa Bermudez Pineda, por su empeño, ingenio, voluntad, por sus oraciones que me ayudaron a continuar, por su amor y recordarme “Confía en Dios, todo estará bien”.

AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento a Dios por bendecirme y permitirme continuar, aún en los momentos más complicados, con la realización de mi gran anhelo.

Gracias a mi papá, mamá y hermano, que me acompañaron y apoyaron durante toda la carrera profesional. Mi abuelito Exaltación que desde pequeña es mi inspiración a superarme y gracias a mi tío quien me apoyó para poder realizar esta investigación en su centro laboral. También agradezco a Jewer, por su compañía en todo este tiempo, por su apoyo y aliento en los momentos más complicados de esta carrera.

Gracias a la Universidad César Vallejo por mi formación académica, en especial para mí asesor de tesis el Dr. Jhonny Valverde por sus enseñanzas y guía en esta investigación.

Finalmente, la frase que me motivó: “No te rindas, aún estas a tiempo de alcanzar y comenzar de nuevo, aceptar tus sombras, enterrar tus miedos, liberar el lastre, retomar el vuelo” (Mario Benedetti)

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Priscila Dafne Grace García Bermudez con DNI N° 47615899, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 01 Diciembre del 2016



Priscila Dafne Grace García Bermudez
DNI N° 47615899

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “REDUCCIÓN DE METALES EN LOS EFLUENTES DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN APLICANDO MICRONANOBURBUJAS DE AIRE EN LA FÁBRICA BATERÍAS VOLTA DEL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, LIMA-2016”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniería Ambiental.

La autora.

Priscila Dafne Grace García Bermudez

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	vi
PRESENTACIÓN	vii
ÍNDICE	viii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad Problemática	2
1.2. Trabajos previos.....	2
1.3. Teorías relacionadas al tema	5
1.4. Formulación del problema	10
1.4.1 General	10
1.4.2 Específicas	10
1.5. Justificación del estudio	10
1.6. Hipótesis	11
1.6.1 General	11
1.6.2 Específicas	11
1.7. Objetivos	11
1.7.1. Objetivo general:	11
1.7.2. Objetivos específicos:	11
II. MÉTODO.....	12
2.1. Tipo de estudio.....	13
2.1.1. Tipo de estudio	13
2.1.2. Diseño de investigación	13
2.2. Variables y operacionalización	13
2.3. Población, muestra y muestreo	15
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	15
2.4.1. Validez	19
2.4.1. Confiabilidad	19

2.5. Métodos de análisis de datos	20
2.5.1 Análisis descriptivo	20
2.5.2 Análisis inferencial	21
2.6. Aspectos éticos	21
III. RESULTADOS	22
IV. DISCUSIÓN	35
V. CONCLUSIONES	38
VI. RECOMENDACIONES	41
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
ANEXOS	47
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	48
ANEXO 2: INSTRUMENTOS FICHAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	50
ANEXO 3: ANTECEDENTES DE LOS EFLUENTES DE LA FÁBRICA BATERÍAS VOLTA	59
ANEXO 4: EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS	62
ANEXO 5: INFORME DE LABORATORIO SOBRE LAS MUESTRAS DEL EFLUENTE.....	69
ANEXO 6: REPORTE DE MEDICIÓN DE LAS MICRONANOBURBUJAS.....	71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tensión Superficial – Ley de Young Laplace	6
Figura 2. Mecanismo de Acción de una microburbuja.....	7
Figura 3 Comparación de las Concentraciones de Aluminio	25
Figura 4 Comparación de las Concentraciones de Plomo	25
Figura 5 Poza que almacena las aguas industriales de la fábrica.....	63
Figura 6 Aguas industriales de la fábrica Baterías Volta	63
Figura 7 Extrayendo muestra de la poza de la fábrica	64
Figura 8 Generador de Micronanoburbujas.....	64
Figura 9 Colocando el generador de Micronanoburbujas.....	65
Figura 10 Generación de Micronanoburbujas de aire	65
Figura 11 Generación de Micronanoburbujas.....	65
Figura 12 Generador de Micronanoburbujas y recipiente de salida	66
Figura 13 Vista de MNBs de aire desde un microscopio	66
Figura 14 Vista de MNBs desde un microscopio ajustado con un software	67
Figura 15 Midiendo el pH de las muestras	67
Figura 16 Acción de las MNBs de aire en las muestras	68
Figura 17. Muestra GMB con MNBs de aire.....	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Lista de Parámetros.....	9
Tabla 2. Variables y Operacionalización	14
Tabla 3. Matriz de técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
Tabla 4. Ajuste de pH	17
Tabla 5. Resumen del Procedimiento Aplicado	18
Tabla 6. Escala de fiabilidad	20
Tabla 7. Estadísticas de fiabilidad	20
Tabla 8. Generación y resultados de las micronanoburbujas de aire	23
Tabla 9. Valores de Temperatura	23
Tabla 10. Resultados de parámetros físicos y químicos antes y después.....	24
Tabla 11. Resultados de metales en las aguas industriales Baterías VOLTA.....	24
Tabla 12. Eficiencia del tratamiento.....	26
Tabla 13. Resultados de parámetros físicos.....	27
Tabla 14. Pruebas de normalidad – HE 1	29
Tabla 15. Resultados de parámetros químicos.....	30
Tabla 16. Pruebas de normalidad – HE 2.....	32
Tabla 17. Resultados de concentración de metales	33
Tabla 18. Pruebas de muestras emparejadas	34

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue medir la reducción de las concentraciones de metales predominantes (plomo y aluminio) presentes en las muestras al aplicarse el tratamiento con micronanoburbujas de aire, así como analizar el tiempo que requiere este tratamiento y si los resultados cumplirían con la normativa (Valores Máximos Admisibles). En la presente tesis se realizó un estudio experimental, a nivel de laboratorio, mediante la aplicación de micronanoburbujas de aire a muestras provenientes de los efluentes de la planta de producción de la fábrica Baterías Volta, las cuales contienen altos niveles de aluminio y plomo que además son fuertemente ácidas (pH 0.55). Luego, se extrajo 04 litros de muestra, de los cuales se utilizó 01 litro para la caracterización inicial de los efluentes y con los 03 litros restantes se realizó el estudio experimental. El procedimiento consistió en ajustar el pH con hidróxido de sodio hasta obtener dos medios de pH, ligeramente ácido (6.01) y básico (8.92), posteriormente se aplicó las micronanoburbujas de aire a las muestras durante 8 minutos. Finalmente, se obtuvo una reducción en la concentración de aluminio de 14.967 mg/L a 1.176 mg/L, que equivale a un 92.14% de efectividad. Respecto a la concentración de plomo, se redujo de 4.227 mg/L a 0.065 mg/L representando una eficiencia de 98.46%, concluyéndose que los resultados obtenidos cumplen con los Valores Máximos Admisibles y que las micronanoburbujas de aire son efectivas al aplicarlas en aguas industriales con metales.

Palabras clave: aguas industriales, plomo, aluminio, micronanoburbujas

ABSTRACT

The objective of this work was to measure the reduction of the concentrations of predominant metals (lead and aluminum) present in the samples when applying the micronanobubbles air treatment, as well as to analyze the time required for this treatment and if the results would comply with the regulations (Admissible Maximum Values). In the present thesis, an experimental study was carried out, at the laboratory level, by the application of air micronanobubbles to samples from the effluents of the production plant of Volta batteries factory, which contain high levels of aluminum and lead that are also strongly acidic (pH. 0.55). Then, 04 liters of samples were extracted, of which 01 liter was used for the initial characterization of the effluents and with the remaining 03 liters the experimental study was carried out. The procedure consisted of adjusting the pH media, slightly acid (6.01) and basic (8.92), subsequently, the micronanobubbles air were applied to the samples for 8 minutes. Finally, a reduction in aluminum concentration was obtained from 14.967 mg/L to 1.176 mg/L, which is equivalent to 92.14% of effectiveness. Regarding the concentration of lead, it was reduced from 4.227 mg/L to 0.065 mg/L representing an efficiency of 98.46%, concluding that results of the maximum values are admissible and the micronanobubbles of air are effective when applied in industrial waters with metals.

Keywords: industrial waters, lead, aluminum, micronanobubbles

INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

En la actualidad, Lima posee zonas industriales que requieren un alto contenido de químicos de los cuales obtienen sus productos comerciales; sin embargo estas actividades (que aumentan constantemente en atención a la demanda) generan muchos residuos como las aguas residuales industriales que afectan a la salud pública y medioambiente. Es por esto, que toda industria tiene el deber, según las normativas peruanas, de aplicar un tratamiento a sus efluentes antes de descargarlos a un cuerpo de agua o red de alcantarillado.

En el caso de los vertimientos al alcantarillado, las consecuencias de los efluentes sin tratamiento provocarían el deterioro de la red de alcantarillado, por ende, la formación de aniegos que entrarían en contacto ya sea con el suelo o con cuerpos de agua colindantes y los contaminarían.

La fábrica “Baterías Volta” que se ubica en la zona industrial próxima al óvalo de Puente Piedra genera aguas residuales ácidas ($\text{pH}=1.52$, según sus propios controles internos). A principios del 2016 fueron observados por Sedapal ya que excedieron los Valores Máximos Admisibles - VMA. Debido a esto, Volta aplicó un tratamiento químico a sus aguas residuales, que duran aproximadamente 2 horas, para sedimentar el metal plomo. Esta prueba realizada por parte de la empresa, le genera costos altos y la manipulación continua de químicos peligrosos dañan directa o indirectamente al medio ambiente y exponen a su personal a tener accidentes.

En este proyecto, se propone la aplicación de las micronanoburbujas de aire de bajo costo en los efluentes de la fábrica Volta para reducir significativamente la concentración de plomo y aluminio, es decir el cumplimiento de los VMA, para que así no se requiera de más químicos para neutralizarlos, ya que el método que se plantea es amigable con el medio ambiente.

1.2. Trabajos previos

Según ALDANA, E. (2014) en su tesis titulada Remoción de aluminio en aguas residuales industriales usando especies macrófitas: una aplicación para el pasto vetiver, su objetivo principal es evaluar el potencial de adsorción de las macrófitas

para remover el aluminio de los efluentes de una industria metalmecánica. Para esto usó especies de plantas como la Enea, Junco y Vetiver en concentraciones al 20 y 70 % que fueron colocados en 18 recipientes con 3 repeticiones de cada % de concentración a los cuales agregó 5 L de efluente en cada uno. Los resultados que obtuvo fueron que el Vetiver y Junco en una concentración al 20% presentaron mayor porcentaje de remoción (99 %) de aluminio y la menor remoción se obtuvo de la Enea (concentración al 70%) con 52 y 78 %.

Según BELTRÁN Ortiz, C. y NAPOLEÓN Jacinto, E. (2012) Aplicación de microburbujas en la flotación de lodos de tratamiento de aguas ácidas de mina. Parte II: Flotación, su objetivo principal es que las microburbujas clarifiquen el agua, mecanismo de flotación, por medio de la captura de un mayor porcentaje de partículas (2 a 30 μm) que se quedaron en el agua después de aplicar un tratamiento con Cal. Describe el mecanismo de interacción microburbuja-flóculo es decir, aprisionamiento y captura o arrastre de flóculos, todo ello se llevó a cabo en laboratorio por un equipo que diseñaron. Los resultados que obtuvieron fueron una remoción de sólidos en suspensión mayor al 98% y en la remoción de metales (Cd, Fe y Zn) fue mayor a 99%.

Según GUERRA Alarcón, Alfredo y HIYAGON Arroyo, Genevie. (2012) con su investigación Tratamiento de agua con remoción de plomo aplicando nanotecnología, el objetivo principal es remover más del 80% de plomo en soluciones acuosas de 13.5 ppm y 6.8 ppm. Para ello, fabricaron filtros de arcillas con bentonita-aserrín, bentonita, caolinita y dolomita que se comportaron como adsorbentes en formas cilíndricas y de discos. Obtuvieron como resultados que discos de bentonita-aserrín y discos de bentonita, caolinita y dolomita retienen con un coeficiente de adsorción de 2 mg de Pb /g de adsorbente mientras que los filtros cilíndricos retuvieron 2 mg de Pb /g de adsorbente.

Según HUAMÁN Pino, Gabriela, TOREM, Leonardo y VALDIVIEZO Gonzales, Lorgio. (2013) en su trabajo Electro flotación de casiterita finas utilizando una cepa de bacterias hidrofóbicas, tuvo el objetivo de recuperar un mineral como la casiterita y para ello utilizaron como bio-reactivo *Rhodococcus opacus* (R. opacus) y las microburbujas. Usaron la electroflotación para obtener diámetros pequeños de

burbujas ($<60\ \mu\text{m}$). La superficie de la casiterita con ayuda del *R. opacus* se convirtió hidrófoba y esto hizo que se produzca una mayor afinidad con las microburbujas. También notaron que la densidad de corriente y la concentración de *R. Opacus* mayor que 2.87×10^{12} células /mL influyen en el diámetro de las burbujas ya que disminuyeron de 45 micras a 15 micras, es por esto que los resultados obtenidos con la prueba de electroflotación usando *R. opacus* a la concentración de 50 mg/L a pH 3 dio la recuperación de la caserita a 64,5%.

Según JABIONSKA, B. y SIEDLECKA, E. (2015) en su trabajo La eliminación de metales pesados de las aguas residuales con el uso de esquistos, tiene el fin de remover metales como plomo, níquel y cobre mediante esquistos, es por ello que examinaron la capacidad de absorción de cada esquisto con los iones de Pb, Ni y Cu, aparte de determinar sus composiciones mineralógicas, además analizaron el pH antes y después de la adsorción. Los resultados fueron que la adsorción depende del metal a trabajar y en esta ocasión la relación que se observó fue $\text{Pb (II)} > \text{Cu (II)} > \text{Ni (II)}$. Con respecto al plomo, con esquisto calcinado a 600°C , es te proceso ayudó a su capacidad de adsorción; sin embargo para el níquel fue todo lo contrario.

Según LAVADO MEZA, Carmencita; SUN KOU, María del Rosario y BENDEZU, Salvador. Adsorción de plomo de efluentes industriales usando carbones activados con H_3PO_4 . Realizaron una investigación con el objetivo principal de utilizar astillas de eucalipto para preparar carbones activados o “Labill” y adsorber con estos el plomo II de los efluentes industriales. Para elaborarlos se basaron en la activación química y usaron el ácido fosfórico como agente activante, además emplearon diferentes temperaturas de activación de 400, 500 y 600°C para comparar los microporos y mesoporos. Los resultados fueron que a 600°C se obtuvo un carbón activado con buenas propiedades adsorbentes, al cual se le puso en contacto con 50 mL de una solución plomo (II) en un agitador múltiple durante 03 horas a temperatura ambiente, logrando así adsorber 142,1 mg/g de plomo (II). Con esta muestra lograron adsorber un 99,9% de plomo en el efluente de una industria plástica.

Según La Universidad de Alicante (2015). En la investigación Recuperación/Eliminación de metales pesados en aguas residuales mediante

tecnología electroquímica, su objetivo principal fue desarrollar procedimientos electroquímicos eficaces que permitan satisfacer las necesidades de las industrias con respecto a sus efluentes. Utilizaron la electroquímica en las instalaciones de una planta piloto dentro de la universidad, donde la recuperación de metales se realizó por medio de la deposición de éstos sobre el cátodo en un reactor electroquímico, también se plantearon 2 estrategias, el uso de electrodos tridimensionales que son porosos y permiten el aumento de la etapa de conversión y la otra estrategia fue incrementar las condiciones de transporte de masa mediante turbulencias. Finalmente aplicaron el proyecto en baterías donde lograron recuperar el plomo a partir de óxidos de plomo.

Según SOTO, (2004). En la investigación “Remoción de metales pesados en aguas residuales mediante agentes químicos” su objetivo principal es remover los metales pesados que genera la industria galvánica en la ciudad de Monterrey. Para ello caracterizó los efluentes encontrando Cr^{+3} , Fe^{+3} , Zn^{+2} , Ni^{+2} con concentraciones de 447, 200, 750 y 27 ppm respectivamente que superaban la norma mexicana. La metodología que empleó fue el uso de un equipo a prueba de jarras donde utilizó 04 coagulantes como $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ y FeCl_3 . Los resultados obtenidos fueron que el coagulante FeCl_3 realizó un mejor nivel de remoción, 0.25ppm para el Cr^{+3} , 0.37ppm para el Fe^{+3} , 0.80 para Zn^{+2} y menos de 0.20ppm para el Ni^{+2} .

1.3. Teorías relacionadas al tema

- Micronanoburbujas

Son burbujas que poseen diámetros a diferentes escalas que oscilan entre las decenas de micrómetros a escalas más pequeñas como la nanométrica. Entre sus características más resaltantes es que poseen una superficie eléctricamente cargada. Además, con el incremento de la disolución de gas en el líquido, se encoje la burbuja y de esto se deduce que la tasa de contracción más elevada la tienen las microburbujas en comparación a las burbujas de escala mayor (USHIKUBO,2010).

- Características Generales de las micro-nano burbujas

Las MNBs poseen características fisicoquímicas de las cuales destaca que tienen un área específica grande, una alta presión de gas al interior de las burbujas (permitiendo así a su alta capacidad para la disolución de gas y tienen superficie que está

eléctricamente cargada. Respecto a las propiedades dinámicas de fluidos de las MNBs, poseen una lenta velocidad para ascender en una fase líquida (USHIKUBO,2010).

- Estabilidad

Las micro - nanoburbujas sólo pueden existir en estado líquido bajo estrés muy grande a la tracción o presión negativa. Esto significa que las nanoburbujas no estarían en estado de equilibrio a la presión atmosférica. (USHIKUBO,2010).

- Presión interna

Para calcular la presión interna de la MNB, es necesario hacerlo por la Ley de Laplace

$$P_g = P_l + \frac{2\sigma}{r} \dots \dots \dots (1)$$

Donde P_g es la presión del gas y P_l la presión del líquido, ambas en Pascales (Pa), la tensión superficial es σ ($\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$) y el radio de la MNB es r (m) (USHIKUBO,2010).

La capa de líquido que rodea a una microburbuja de gas produce una presión que da lugar a la tensión superficial, cuando la burbuja es de menor tamaño mayor es la tensión superficial, debido a que el radio de la burbuja y la presión son inversamente proporcionales, Ver Figura 1 (BELTRÁN, C. y JACINTO,N., 2012).

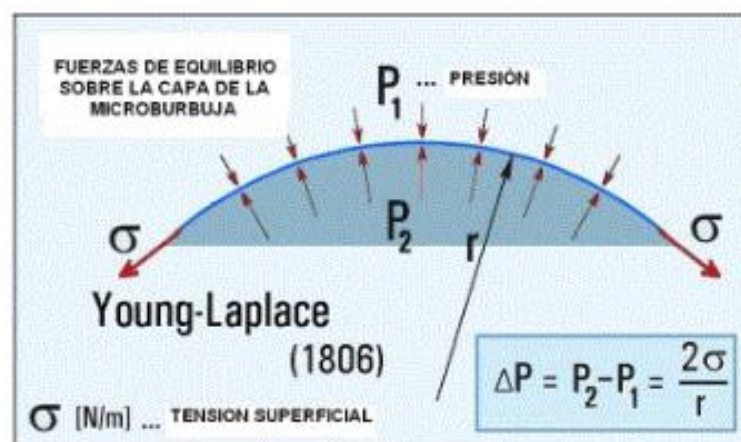


Figura 1 Tensión Superficial – Ley de Young Laplace

Fuente: (BELTRÁN, C. y JACINTO,N., 2012).

- Velocidad de Ascenso

Las micro-nanoburbujas (MNBs) tienen velocidad de ascenso lenta por ejemplo MNBs de 10 m se elevan a 20 cm en 1 h., esto resulta de la ecuación de Stokes:

$$U = \rho g d^2 / 18 \mu \dots \dots \dots (2)$$

donde **U** es la velocidad, **ρ** es la densidad del líquido, **g** es la aceleración de la gravedad, **d** es el diámetro de la burbuja y **μ** es la viscosidad del líquido. (TSUGE, H. p. 3, 2014).

- Mecanismos de acción de las MNBs

En aguas, las MNBs actúan de dos formas:

Flotación, esto se debe a las características de las microburbujas que prisionan a flóculos o partículas en suspensión presentes en el agua y luego los arrastra mecánicamente en ascensión, lo cual permite la remoción de estos sólidos. Ver Figura 2 (BELTRÁN, C. y JACINTO,N., 2012).

Destrucción de microorganismos, Las nanoburbujas se impregnan a los virus o bacterias por una corriente electrostática, al momento que explotan estas nanoburbujas generan radicales libres lo que provoca la muerte de bacterias y virus (MORIKAWA, 2016)

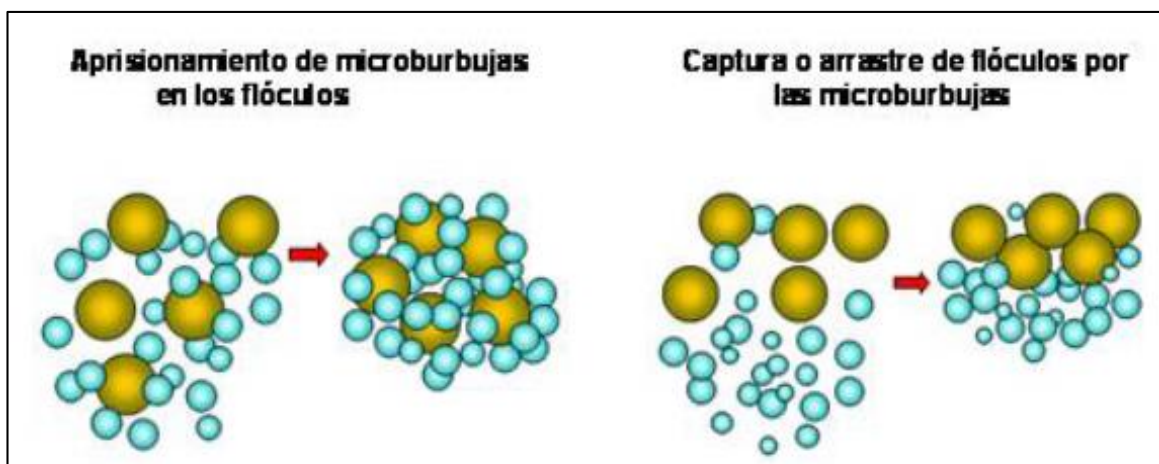


Figura 2. Mecanismo de Acción de una microburbuja

Fuente: (BELTRÁN, C. y JACINTO,N., 2012).

- Baterías

La batería es un dispositivo que convierte energía química contenida en los materiales activos, en energía eléctrica por medio de reacciones electroquímicas de oxidación y reducción [...] Se dicen baterías primarias a las que no pueden recargarse eléctricamente y después que se termina su material activo, tienen que ser desechadas. Se llaman baterías secundarias a las que se le puede realizar recarga eléctrica, esto se debe a la reversibilidad de las reacciones electroquímicas en las cuales están basadas.” (MARTINEZ García, S. y GUALDA Gil, Juan).

- Baterías Plomo – Ácido

Las reacciones químicas proporcionan energía cuando en el ánodo, la oxidación de plomo pasa a sulfato de plomo y en el cátodo, cuando se produce la reducción de óxido de plomo a sulfato de plomo, esta última reacción ocurre, en ambos electrodos, cuando se descarga la batería y cuando se recarga se invierte las reacciones [...] Todo ocurre en medio de una solución de Ácido Sulfúrico (electrolito) diluido. (MARTINEZ, p. 27, 2005).

- Efectos del plomo

El plomo, de forma natural, se encuentra en la corteza terrestre y es considerado un metal tóxico. El plomo, ha causado diferentes problemas de contaminación ambiental y efectos negativos en la salud pública en diferentes lugares del mundo que utilizan este metal en las principales actividades industriales por ejemplo, a fabricación de baterías plomo-ácido es responsable de requerir más de las tres cuartas partes del consumo mundial [...] Los efectos en el ser humano que es expuesto a la contaminación ambiental por plomo, ocasionan en el adulto, aumento en el riesgo de hipertensión arterial y lesiones renales; en embarazadas puede causar aborto natural, muerte fetal y malformaciones en el feto; en niños puede llegar hasta causarles la muerte. (Organización Mundial de la Salud, 2015).

- Aguas residuales

Son aquellas aguas cuyas características originales han sido alteradas por actividades antropogénicas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser

reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado. (OEFA, 2014).

- Aguas residuales industriales

Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las que provienen de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras. (OEFA, 2014)

- Valores Máximos Admisibles

Son valores que se obtienen por medio del análisis de la concentración de determinados elementos y parámetros fisicoquímicos realizados a las aguas residuales industriales que las fábricas descargan a la red de alcantarillado. Estos valores que caracterizan a los efluentes causan un daño a corto o largo plazo a la infraestructura, maquinarias y equipos de alcantarillado, así como a las plantas de tratamiento cuando exceden a lo indicado en la normativa. Además, dichas excedencia alteran negativamente a los procesos para tratar esas aguas. (OEFA, 2014) Ver Tabla 1.

Tabla 1. Lista de Parámetros

PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0.5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0.2
Cianuro	mg/L	CN ⁻	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr ⁺²	0.5
Cromo total	mg/L	Cr	10
Manganeso	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0.02
Níquel	mg/L	Ni	4
Plomo	mg/L	Pb	0.5
Sulfatos	mg/L	SO ⁻² ₄	1000
Sulfuros	mg/L	S ⁻²	5

PARÁMETRO	UNIDAD	EXPRESIÓN	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NH ⁺ ₄	80
pH	unidad	pH	6-9
Sólidos sedimentables	m/L/h	S.S	8.5
Temperatura	°C	T	<35

Fuente: DS N°001-2015-Vivienda

1.4. Formulación del problema

1.4.1 General

¿En qué medida la aplicación de micronanoburbujas de aire reducirá la concentración de los metales presentes en el efluente de la planta de producción de la fábrica Baterías Volta del distrito de Puente Piedra?

1.4.2 Específicas

¿Las características físicas (CE y turbidez) del efluente mejorarán debido a la aplicación las micronanoburbujas de aire?

¿Las características químicas (pH y OD) del efluente mejorarán debido a la aplicación de las micronanoburbujas de aire?

1.5. Justificación del estudio

La investigación que se presenta en ésta tesis, se justifica porque se emplea un innovador tratamiento que evita el uso de químicos, que exponen al ser humano que los manipula, o procesos tediosos que implique mucho tiempo y mano de obra constante. Se evita las descargas de aguas residuales industriales con altos contenidos de plomo y aluminio (metales que son altamente tóxicos para la salud y medio ambiente, en especial el plomo que es un metal pesado) a la red de alcantarillado para que no provoquen su deterioro, como destrucción de tuberías, o que se filtren por algún desperfecto en el conducto y llegue al suelo o cuerpos de aguas cercanos y los contaminen.

Además, en el aspecto legal, el estudio aporta a que se cumpla la normativa vigente que es el Decreto Supremo N°001-2015-Vivienda, en el cual se establece los Valores Máximos Admisibles para descargas industriales.

Existen diversos tratamientos para efluentes industriales, pero en este trabajo se aplicará un método más natural, como las micronanoburbujas que actuarán mediante un mecanismo de flotabilidad para elevar los metales como plomo y aluminio de las aguas residuales de la fábrica Baterías Volta a la superficie.

1.6. Hipótesis

1.6.1 General

La aplicación de micronanoburbujas de aire reduce la concentración de metales presentes en el efluente de la planta de producción de la fábrica Baterías Volta del distrito de Puente Piedra

1.6.2 Específicas

Las características físicas del efluente mejoran debido a la aplicación de las micronanoburbujas de aire

Las características químicas del efluente mejoran debido a la aplicación de las micronanoburbujas de aire

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general:

Analizar la variación de la concentración de metales en los efluentes de la planta de producción de la fábrica de Baterías Volta después de aplicarle las micronanoburbujas de aire.

1.7.2. Objetivos específicos:

Determinar las características físicas del efluente antes y después del tratamiento con las micronanoburbujas de aire

Determinar las características químicas del efluente tratado antes y después del tratamiento con las micronanoburbujas de aire

II. MÉTODO

2.1. Tipo de estudio

2.1.1. Tipo de estudio

El tipo de estudio realizado en la presente investigación es Experimental, debido a que se manipula directamente las variables, permitiendo así un posterior análisis.

2.1.2. Diseño de investigación

Para la presente tesis, se contempló el Diseño Pre experimental ya que se aplicará un tratamiento a la muestra y analizará los cambios producidos en dicha muestra.

GE: O₁ -X -O₂ .

GE: Grupo Experimental

O1: Pre-Test (Agua residual de la planta de producción baterías Volta, sin tratamiento)

X: Tratamiento (Micro-Nanoburbujas de aire)

O2: Post-Test (Agua residual de la planta de producción baterías Volta, con tratamiento)

2.2. Variables y operacionalización

Las variables de la presente investigación son dos, de las cuales las micronanoburbujas de aire representan a la variable independiente y los metales de los efluentes de la fábrica Baterías “Volta” representa a la variable dependiente.

A continuación, se visualiza el Tabla 2 de las variables y operacionalización.

Tabla 2. Variables y Operacionalización

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
VARIABLE INDEPENDIENTE					
Micronanoburbujas de aire	Son burbujas que poseen un diámetro en escala nanométrica que permanecen un tiempo prolongado en medio líquido	Las micronanoburbujas de aire permiten remover y disminuir la concentración de metales pesado como el plomo	Características Físicas	Tamaño de la burbuja (um) Presión para generar MNB (PSI) Presión interna de la MNB (Pa) Tipo de Gas (aire) Tiempo (min.) Flujo (L/min.)	Intervalo Razón Razón Nominal Razón Razón
VARIABLE DEPENDIENTE					
Metales en los Efluentes de la fábrica Baterías "Volta"	Aguas residuales que contienen grandes cantidades de metales como el plomo y aluminio proceden de actividades industriales como la limpieza de metales, fabricación de baterías, teñidos, etcétera que provocan efectos negativos en el medio ambiente.	Aguas residuales no domésticas provenientes de la fabricación de baterías secundarias plomo - ácido	Características Organolépticas	Olor Color	Nominal Nominal
			Propiedades Físicas	Temperatura Turbidez Conductividad eléctrica	Razón Razón Intervalo
			Constituyentes químicos	Oxígeno Disuelto pH Concentración de Plomo (mg/L) Concentración de Aluminio (mg/L)	Razón Intervalo Razón Razón

Fuente: Elaboración Propia

2.3. Población, muestra y muestreo

Población

La poza (dimensiones 160 cm x 120 cm x 80 cm) donde se realiza el almacén y tratamiento de los efluentes de la fábrica de baterías “Volta”, tiene un volumen de 1536 L, de los cuales, solo se llena hasta 50 cm de altura dando así un volumen de 960 L.

Muestra

La muestra total del efluente fue 04 L (01 L para análisis inicial y 03 L para tres repeticiones que fueron GMA, GMB y GMC)

Unidad de análisis = Litro (L) de efluente

Muestreo

No Probabilístico por Conveniencia

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Tabla 3. Matriz de técnicas e instrumentos de recolección de datos

ETAPA	FUENTES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Recolección y características de la muestra	Efluente de la fábrica de Baterías “Volta”	Observación	Ficha de Recolección de muestra – Pre Test (Anexo 2)	Muestra recolectada y parámetros de campo (pH, OD, CE, turbidez, olor y color)
Análisis de la muestra Antes del tratamiento	Efluente de la fábrica de Baterías “Volta”	Análisis de documentos	Ficha de Análisis de otros parámetros – Pre Test (Anexo 2)	Concentración de Plomo y aluminio de la muestra obtenida del laboratorio
Tratamiento con micro nanoburbujas de aire	Efluente de la fábrica de Baterías “Volta”	Experimentación	Ficha de Observación en el tratamiento (Anexo 2)	Tiempo de acción de la micronanoburbuja de aire, flujo, olor y color del efluente tratado
Análisis de la muestra después del tratamiento	Efluente de la fábrica de Baterías “Volta”	Análisis de documentos	Ficha de Recolección de muestra – Post Test (Anexo 2) y ficha de Análisis de otros parámetros – Post Test (Anexo 2)	Valores de pH, Conductividad eléctrica, Turbidez, concentración de Plomo y aluminio de la muestra.

Fuente: Elaboración Propia

El procedimiento para la presente investigación es la siguiente:

- *Recolección y características de la muestra*

En esta primera etapa, en la fábrica Volta, se recolectó la muestra según las indicaciones para cada parámetro que menciona el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua. Se obtuvo 04 L de muestra total de la poza de la planta de producción de la fábrica, en recipientes de 01 litro, 04 de ellos fueron etiquetados con los códigos de muestra GMI (Muestra inicial), GMA (Muestra A), GMB (Muestra B) y GMC (Muestra C). De las muestras mencionadas, se utilizó para analizar los parámetros de campo (OD, pH, CE y Temp.) y la turbidez.

La información obtenida se anotó en el instrumento Ficha de Recolección de muestra – Pre test (Ver Anexo 2).

- *Análisis de la muestra antes del tratamiento*

Se envió 01 litro de muestra recolectada a un laboratorio para el análisis de concentración de plomo y aluminio, la información que remitió el laboratorio, se anotó en la Ficha de Análisis de otros parámetros – Pre Test (Ver Anexo 2).

- *Tratamiento con micronanoburbujas de aire*

En esta etapa, en laboratorio de la universidad las muestras sedimentadas (GMA, GMB y GMC) se trasladaron a unos vasos de precipitado para ajustar el pH. Para ello, se consideró la Tabla 03 en la cual se visualiza el resumen del procedimiento y el ajuste del pH en las muestras, es decir a GMA y GMB se les ajustaron a 6.01 y con respecto a la GMC se ajustó el pH a 8.9.

El ajuste se realizó con una solución de Hidróxido de Sodio (1M), para así elevar el pH rápidamente. Después, por medio de dosis, se aplicó el tratamiento con las Micro-nanoburbujas. Se uniformizó y controló el tiempo para todas las muestras, es decir se aplicó 8 min como tiempo de acción de las Micro-nanoburbujas, además se anotó en la Ficha de Observación en el tratamiento (Ver Anexo 2) los cambios visibles que se produjeron en el efluente.

Tabla 4. Ajuste de pH

Código de muestra	pH inicial	Volumen gastado de NaOH 1 M (mL)	pH final
GMA	0.55	49.5	6.01
GMB	0.55	49.5	6.01
GMC	0.55	59.3	8.92

Fuente: Elaboración Propia

- Análisis de la muestra después del tratamiento

Después de aplicar las Micro-nanoburbujas de aire a la muestra, se analizó los parámetros OD, CE, pH, Temp y Turbidez, los cuales se anotaron en la Ficha de Análisis de otros parámetros – Post Test (Ver Anexo 2), luego cada muestra se llevó a un laboratorio externo para el análisis de concentración de plomo y aluminio, los resultados fueron registrados en la Ficha de Análisis de muestra recolectada - Post Test (Ver Anexo 2).

Tabla 5. Resumen del Procedimiento Aplicado

Código de muestra	En laboratorio				Parámetros Físicos	Parámetros Químicos	
	Vol. Efluente	Vol. MNB	Ajuste de pH	Tiempo de tratamiento		Parámetros de campo	Metales
GMI	-	-	-	-	CE, temp. y turb.	OD y pH	[Al] _(GMI) , [Pb] _(GMI)
GMA	300	700	6.1	8	CE, temp. y turb.	OD y pH	[Al] _(GMA) , [Pb] _(GMA)
GMB	600	400	6.1	8	CE, temp. y turb.	OD y pH	[Al] _(GMB) , [Pb] _(GMB)
GMC	600	400	8.9	8	CE, temp. y turb.	OD y pH	[Al] _(GMC) , [Pb] _(GMC)

Fuente: Elaboración Propia

[Al]_(GMI) : Concentración inicial de aluminio de la muestra total (mg/L).

[Pb]_(GMI) : Concentración inicial de plomo de la muestra total (mg/L).

[Al]_(GMA) : Concentración de aluminio de la muestra GMA (mg/L).

[Pb]_(GMA) : Concentración de plomo de la muestra GMA (mg/L).

OD : Oxígeno Disuelto (mg/L).

pH : Potencial de Hidrógeno

CE : Conductividad Eléctrica (mS/cm)

Temp. : Temperatura (°C)

Turb. : Turbidez (NTU)

De todo este procedimiento se obtendrá la variación de la concentración de metales (plomo y aluminio) y la efectividad de la aplicación de las micronanoburbujas de aire para diferentes ajustes de pH.

Cabe resaltar, que el sistema para la generación de las micronanoburbujas de aire, está conformado por el compresor de aire, generador, recipiente, la bomba de agua, y sensor de flujo. En los resultados se muestra qué presión y flujo es necesario para generar las micronanoburbujas de aire.

Las técnicas empleadas para este trabajo son el análisis de documentos y observación. Los instrumentos utilizados serán los análisis de laboratorio realizados al efluente, antes y después del tratamiento.

2.4.1. Validez

Los instrumentos presentados han sido validados por jueces expertos, quienes tienen conocimiento en el tema. Los profesionales que validaron los instrumentos fueron:

- Valdiviezo Gonzales, Lorgio
- Ordoñez Galvez, Juan Julio
- Paucar Retuerto, Ana

2.4.1. Confiabilidad

La confiabilidad se midió a través del Alfa de Cronbach, el cual es un método que permite estimar la fiabilidad de los instrumentos empleados en la presente investigación. El valor del Alfa de Cronbach tendrá mayor consistencia mientras su valor se acerque a 1, como se muestra en la Tabla 7, este valor se determinó mediante el programa SPSS.

Tabla 6. Escala de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	Fiabilidad
Mayor a 0,9	Excelente
Mayor a 0,8 – menor a 0,9	Bueno
Mayor a 0,7 – menor a 0,8	Aceptable
Mayor a 0,6 – menor a 0,7	Cuestionable
Mayor a 0,5 – menor a 0,6	Pobre
menor a 0,5	Inaceptable

El resultado obtenido para los instrumentos analizados en esta investigación se muestra en la Tabla 7, observándose que los instrumentos utilizados tienen una consistencia de 0.996, es decir, son fiables.

Los instrumentos fueron analizados considerando los criterios de claridad, objetividad, actualidad, organización, suficiencia, intencionalidad, consistencia, coherencia, metodología y pertenencia. (Ver Anexo 2)

Tabla 7. Estadísticas de fiabilidad		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N° de elementos
,990	,996	10

2.5. Métodos de análisis de datos

Se trabajó con los datos obtenidos de laboratorio de acuerdo a los parámetros pH, turbidez, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, concentración de plomo y aluminio. Esta información recopilada se procesará en Excel y SPSS para realizar el análisis estadístico y comparación de los cambios en el efluente.

2.5.1 Análisis descriptivo

Para la presente investigación, con los datos obtenidos se determinó el promedio, la desviación estándar y la varianza de la información.

2.5.2 Análisis inferencial

El análisis inferencial se realizó por medio del programa SPSS, se aplicó las siguientes pruebas a las hipótesis de la investigación:

- Normalidad
- Prueba de hipótesis (método T-student)

2.6. Aspectos éticos

Este trabajo es original y presenta resultados verídicos en el manejo y análisis de las muestras tomadas del efluente de la planta de producción de la empresa Volta, basado en el respeto de la propiedad intelectual y respeto al medio ambiente de la zona de muestreo.

Además, como parte de la ética, este trabajo no brinda información que no se refiera estrictamente a los efluentes y su tratamiento, es decir, se limita a hablar sobre la organización u otro dato que solo es de competencia de la empresa.

III. RESULTADOS

En la Tabla 8, se visualiza el flujo de agua sea 4.67 L/min y la presión de aire 90 PSI para obtener un tamaño promedio de 6.74 μm . Cabe resaltar que las MNBs tienen una velocidad promedio de 2.66×10^{-5} m/s.

Tabla 8. Generación y resultados de las micronanoburbujas de aire

Descripción	Unidad	Datos
Flujo de agua	L/min	4,67
Presión de aire	PSI	90
Resulta:		
Velocidad de Ascenso	cm/h	8.23
Presión interna de la MNB	atm	2.84
Tamaño Promedio de las MNB's	μm	6.74 μm

Fuente: Elaboración Propia

Los valores expresados en la Tabla 9, registraron que las muestras tendieron a incrementar su temperatura en comparación a la muestra inicial, sin embargo, los valores obtenidos no superaron los VMA.

Tabla 9. Valores de Temperatura

Código de muestra	PRE-TEST	POST-TEST
GMI	21.8	
GMA	25.0	25.5
GMB	25.0	24.8
GMC	25.9	25.3
VMA: <35°C		

Fuente: Elaboración Propia

Según la Tabla 10, los parámetros físicos CE, Temperatura y Turbidez disminuyeron en comparación a su valor inicial en la muestra GMI, a diferencia del OD que aumentó en las muestras GMA y GMB excepto GMC. El pH aumentó considerablemente en 7 und. y el oxígeno disuelto se elevó en las pruebas GMA y GMB, excepto en GMC.

Tabla 10. Resultados de parámetros físicos y químicos antes y después

Código de muestra	Parámetros físicos			Parámetros químicos	
	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	Oxígeno disuelto (mg/L)	pH
GMI Pre-Test	10.51	21.8	864	6.75	0.55
GMA Post-Test	2.83	25.5	29.1	7.36	7.43
GMB Post-Test	2.31	24.8	18.59	7.55	7.17
GMC Post-Test	3.78	25.3	115	6.09	7.83

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, en la Tabla 11, se visualiza los resultados obtenidos de las concentraciones de aluminio y plomo, antes del tratamiento (GMI) y después de aplicado las MNB's. Además, se detalla el volumen de muestra y MNB empleado para cada prueba.

Tabla 11. Resultados de metales en las aguas industriales Baterías VOLTA

	Código de muestra	Concentración de Aluminio (mg/L)	Concentración de Plomo (mg/L)	Volumen (mL)		Tiempo de tratamiento (min)
				Muestra	MNB	
Muestra inicial	GMI	14.967	4.227	-		-
Prueba 1	GMA	1.176	0.264	300	700	8
Prueba 2	GMB	1.421	0.065	600	400	8
Prueba 3	GMC	11.996	0.116	600	400	8
VMA:		10	0.5			

Fuente: Elaboración Propia

Figura 3 y Figura 4 evidenciaron los cambios en las concentraciones de metales, después de la aplicación de MNB's de aire y se observa la comparación de esos resultados con los VMA.

Figura 3, se observa que la muestra GMC obtuvo un resultado que supera el VMA, por 1.996, pese a que fue tratado durante 8 min con 400 mL de MNB's de aire. Respecto a las otras muestras GMA y GMB, se evidenció una disminución de 13 unidades en comparación a la concentración inicial.

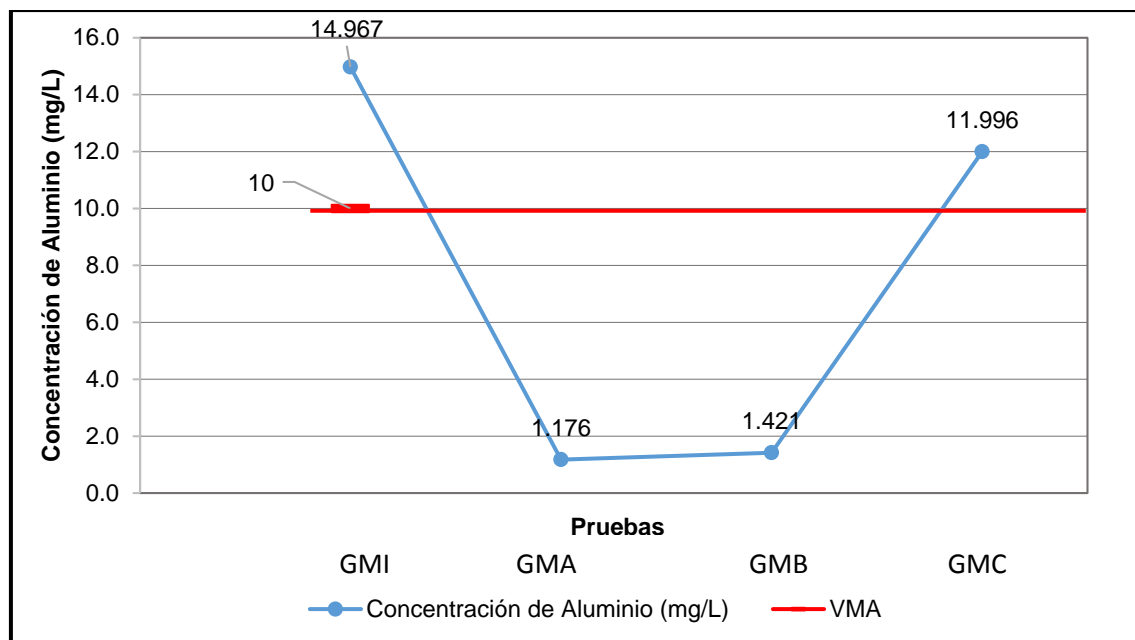


Figura 3 Comparación de las Concentraciones de Aluminio

Fuente: Elaboración Propia

Según la Figura 4, la diferencial entre la concentración inicial de plomo y el VMA fue 3.727 unidades, lo cual demostró una notable excedencia respecto a la normativa. Sin embargo, con las muestras tratadas, se evidenció que están por debajo de los VMA lo que indicó su cumplimiento, siendo el menor valor 0.065 mg/L perteneciente a la muestra GMB

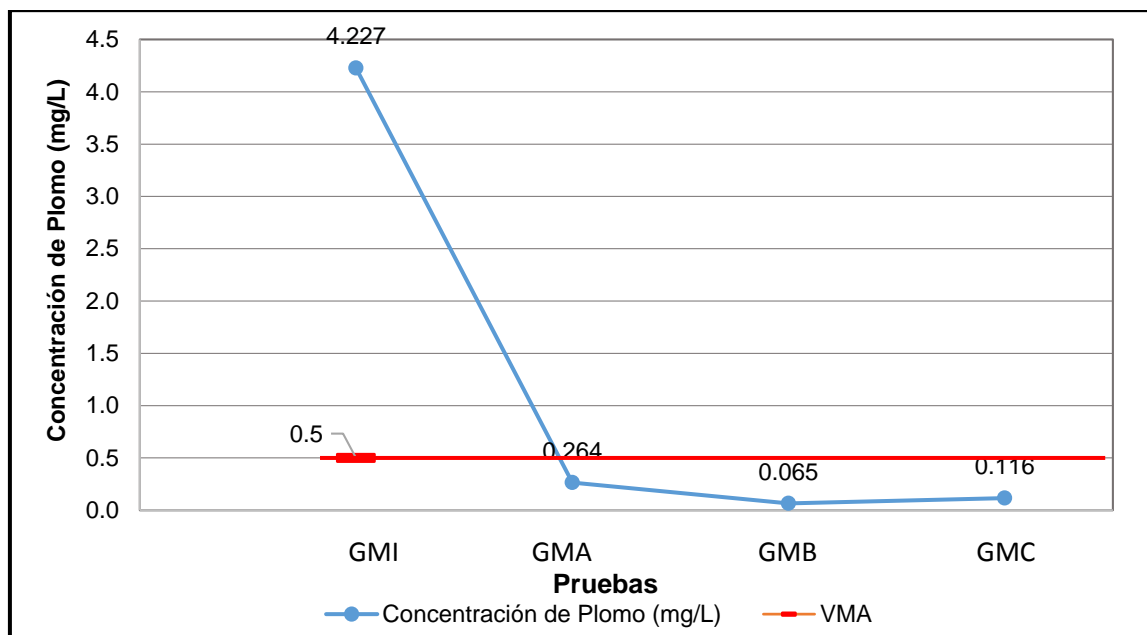


Figura 4 Comparación de las Concentraciones de Plomo

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, en la Tabla 12, se observa que se obtuvo más del 90 % de eficiencia de disminución de concentraciones de los metales. Obteniéndose valores máximos de 92.14% y 98.46% correspondientes a aluminio y plomo respectivamente. Sin embargo, la menor eficiencia se obtuvo en la muestra GMC, con respecto a la concentración de aluminio, ya que la eficiencia de 19.85% se debe a que el resultados que se obtuvo en la Tabla 11 fue mayor que el VMA.

$$\% \text{ Eficiencia} = \left(\frac{\text{Concentración inicial} - \text{Concentración final}}{\text{Concentración inicial}} \right) \times 100$$

Tabla 12. Eficiencia del tratamiento

Código de muestra	ALUMINIO (%)	PLOMO (%)
GMA	92.14	93.75
GMB	90.51	98.46
GMC	19.85	97.26

Fuente: Elaboración Propia

Contrastación de Hipótesis

Prueba de Normalidad de las Variables

Se aplicó la prueba estadística de Normalidad a las hipótesis específicas, mediante el programa SPSS, para determinar si tienen una distribución normal.

Hipótesis Específica 1 (HE 1)

H₁. El resultado de los parámetros físicos de la planta de producción de la fábrica Baterías Volta del distrito de Puente Piedra utilizando micronanoburbujas de aire a escala laboratorio NO se ajusta a una distribución normal.

H₀. El resultado de los parámetros físicos de la planta de producción de la fábrica Baterías Volta del distrito de Puente Piedra utilizando micronanoburbujas de aire a escala laboratorio se ajusta a una distribución normal.

Tabla 13. Resultados de parámetros físicos

N° muestra	Temperatura °C	Turbidez (NTU)	Conductividad (mS/cm)
GMI	21.8	864	10.51
GMA	25.0	29.1	2.83
GMB	25.0	18.59	2.31
GMC	25.9	115	3.78

Fuente: Elaboración Propia

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
TURBIDEZ INICIAL	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
TURBIDEZ EN 8 MIN	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
CONDUCTIVIDAD INICIAL	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
CONDUCTIVIDAD EN 8 MIN	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.23, 2017*

Descriptivos

			Estadístico	Desv. Error
TURBIDEZ INICIAL	Media		864,0000	,00000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	864,0000	
		Límite superior	864,0000	
	Media recortada al 5%		864,0000	
	Mediana		864,0000	
	Varianza		,000	
	Desv. Desviación		,00000	
	Mínimo		864,00	
	Máximo		864,00	
	Rango		,00	
	Rango intercuartil		,00	
	Asimetría		.	.
	Curtosis		.	.
TURBIDEZ EN 8 MIN	Media		19,7333	5,11219
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-2,2626	
		Límite superior	41,7293	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		18,6000	
	Varianza		78,403	
	Desv. Desviación		8,85457	
	Mínimo		11,50	
	Máximo		29,10	
	Rango		17,60	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		,567	1,225
	Curtosis		.	.
CONDUCTIVIDAD INICIAL	Media		10,5100	,00000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	10,5100	
		Límite superior	10,5100	
	Media recortada al 5%		10,5100	
	Mediana		10,5100	
	Varianza		,000	
	Desv. Desviación		,00000	
	Mínimo		10,51	

	Máximo	10,51	
	Rango	,00	
	Rango intercuartil	,00	
	Asimetría	.	.
	Curtosis	.	.
CONDUCTIVIDAD EN 8 MIN	Media	2,9733	,43036
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,1216
		Límite superior	4,8250
	Media recortada al 5%	.	
	Mediana	2,8300	
	Varianza	,556	
	Desv. Desviación	,74541	
	Mínimo	2,31	
	Máximo	3,78	
	Rango	1,47	
	Rango intercuartil	.	
	Asimetría	,833	1,225
	Curtosis	.	.

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.23, 2017

Tabla 14. Pruebas de normalidad – HE 1

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Turbidez inicial		3	.		3	
Turbidez en 8 min	,218	3		,988	3	,788
Conductividad		3			3	
Conductividad en 8 min	,243	3	.	,972	3	,680
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.23, 2017

Criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si Pvalue > $\alpha=0.05$ La distribución es Normal

Si Pvalue < $\alpha=0.05$ La distribución es No Normal

De los resultados de significancia de los parámetros físicos (Turbidez y Conductividad eléctrica) se obtiene lo siguiente:

Parámetro	Sig.	Normalidad	Prueba
TURBIDEZ INICIAL TURBIDEZ EN 8 MIN	,788	Normal	T Student
CONDUCTIVIDAD INICIAL CONDUCTIVIDAD EN 8 MIN	,680	Normal	T Student

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.23, 2017

Como el p-value de algunas muestras es mayor que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$), entonces los datos se ajustan a una distribución normal, entonces se puede concluir que los datos son **paramétricos**.

Hipótesis Específica 2 (HE 2)

H₁. El resultado de los parámetros químicos de la planta de producción de la fábrica Baterías Volta del distrito de Puente Piedra utilizando micronanoburbujas de aire a escala laboratorio NO se ajusta a una distribución normal.

H₀. El resultado de los parámetros químicos de la planta de producción de la fábrica Baterías Volta del distrito de Puente Piedra utilizando micronanoburbujas de aire a escala laboratorio se ajusta a una distribución normal.

Tabla 15. Resultados de parámetros químicos

N° muestra	pH (1-14)	OD (mg/L)
GMI	0.55	6.75
GMA	7.43	7.36
GMB	7.17	7.55
GMC	7.83	6.09

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.23, 2017

Resumen de procesamiento de casos

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
pH INICIAL	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
pH EN 8 MIN	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
OD INICIAL	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%
OD A 8 MIN	3	100,0%	0	0,0%	3	100,0%

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.23, 2017

Descriptivos

		Estadístico	Desv. Error
pH INICIAL	Media	,5500	,00000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,5500
		Límite superior	,5500
	Media recortada al 5%	,5500	
	Mediana	,5500	
	Varianza	,000	
	Desv. Desviación	,00000	
	Mínimo	,55	
	Máximo	,55	
	Rango	,00	
	Rango intercuartil	,00	
	Asimetría	.	.
	Curtosis	.	.
pH A 8 MIN	Media	7,4767	,19195
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	6,6508
		Límite superior	8,3026
	Media recortada al 5%	.	
	Mediana	7,4300	
	Varianza	,111	
	Desv. Desviación	,33247	
	Mínimo	7,17	
	Máximo	7,83	
	Rango	,66	
	Rango intercuartil	.	
	Asimetría	,619	1,225
	Curtosis	.	.
OD INICIAL	Media	6,7500	,00000
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	6,7500
		Límite superior	6,7500
	Media recortada al 5%	6,7500	
	Mediana	6,7500	
	Varianza	,000	
	Desv. Desviación	,00000	
	Mínimo	6,75	
	Máximo	6,75	
	Rango	,00	
	Rango intercuartil	,00	
	Asimetría	.	.

	Curtosis	.	.
OD A 8 MIN	Media	7,0000	,45829
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5,0281
		Límite superior	8,9719
	Media recortada al 5%	.	
	Mediana	7,3600	
	Varianza	,630	
	Desv. Desviación	,79379	
	Mínimo	6,09	
	Máximo	7,55	
	Rango	1,46	
	Rango intercuartil	.	
	Asimetría	-1,621	1,225
	Curtosis	.	.

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.23, 2017*

Tabla 16. Pruebas de normalidad – HE 2

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH INICIAL	-	3	.	-	3	-
pH A 8 MIN	,222	3	.	,985	3	,767
OD INICIAL	-	3	.	-	3	-
OD A 8 MIN	,342	3	.	,846	3	,229
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.23, 2017*

Criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si Pvalue > $\alpha=0.05$ La distribución es Normal

Si Pvalue < $\alpha=0.05$ La distribución es No Normal

De los resultados de significancia de los parámetros químicos (pH y OD) se obtiene lo siguiente:

Parámetro	Sig.	Normalidad	Prueba
pH INICIAL	.		
pH A 8 MIN	,767	Normal	T Student
OD INICIAL	.		
OD A 8 MIN	,229	Normal	T Student

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.23, 2017*

Como el p-value es mayor el algunos y en otros menor que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$), entonces los datos se ajustan a una distribución normal, entonces se puede concluir que los datos son **paramétricos**.

Prueba de Hipótesis

Hipótesis General (HG)

H_1 : La aplicación de micronanoburbujas de aire reduce la concentración de metales presentes en el efluente de la planta de producción de la fábrica Baterías Volta del distrito de Puente Piedra.

H_0 : La aplicación de micronanoburbujas de aire NO reduce la concentración de metales presentes en el efluente de la planta de producción de la fábrica Baterías Volta del distrito de Puente Piedra.

Tabla 17. Resultados de concentración de metales

N° muestra	Concentración de Aluminio (mg/L)	Concentración de Plomo (mg/L)
GMI	14.967	4.227
GMA	1.176	0.264
GMB	1.421	0.065
GMC	1.120	0.116

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.23, 2017

Para el contraste paramétrico de dos muestras relacionadas se utiliza la **prueba T de Student**.

Estadísticas de muestras emparejadas

	Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1 Aluminio INICIAL	,55000	3	,000000	,000000
Aluminio A 8 MIN	1,23900	3	,160084	,092425
Par 2 Plomo INICIAL	4,22700	3	,000000	,000000
Plomo A 8 MIN	,14833	3	,103365	,059678

Fuente: Procesamiento de datos en IBM SPSS Statistics v.23, 2017

Correlaciones de muestras emparejadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Aluminio INICIAL & Aluminio A 8 MIN	3	.	.
Par 2	Plomo INICIAL & Plomo A 8 MIN	3	.	.

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.23, 2017*

Tabla 18. Pruebas de muestras emparejadas

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Aluminio INICIAL - Aluminio A 8 MIN	-,689000	,160084	,092425	-1,086672	-,291328	-7,455	2	,018
Par 2	Plomo INICIAL - Plomo A 8 MIN	4,078667	,103365	,059678	3,821894	4,335440	68,345	2	,000

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.23, 2017*

Criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si $P\text{value} > \alpha=0.05$. Luego, se acepta la Hipótesis Nula

Si $P\text{value} < \alpha=0.05$. Se rechaza la Hipotesis Nula

Como $P\text{value}$ es menor que 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, la cual indica: que la aplicación de micronanoburbujas de aire reduce la concentración de metales presentes en el efluente de la planta de producción de la fábrica Baterías Volta del distrito de Puente Piedra.

IV. DISCUSIÓN

Unas de las investigaciones con mayor porcentaje de remoción de Aluminio fue de ALDANA, E, quien usó especies de plantas como la Enea, Junco y Vetiver para concentraciones al 20 y 70 % de Aluminio, obtuvo una remoción de 99% en el recipiente de concentración al 20% de Aluminio mediante la plantas Vertiver y Junco durante un tiempo de 24 h. Si bien el investigador obtuvo 99% de remoción en Aluminio, la presente investigación evidenció resultados en 8 min, obteniéndose una eficiencia de 92% en la remoción de Aluminio, por lo cual la investigación presenta una mayor eficiencia en el tiempo de tratamiento.

Según LAVADO MEZA, Carmencita; SUN KOU, María el Rosario y BENDEZU, Salvador, su investigación se basó en la activación química a condiciones altas de temperatura de 400, 500 y 600°C, sin embargo, en la presente investigación basada en la aplicación de MNB's de aire se trabajó a temperatura ambiente, no requiriéndose condiciones especiales en temperatura para obtener carbón activado como tratamiento ni esperar 3 horas para evidenciar remociones de plomo mayores al 90%, lo que implica que la aplicación de MNB's es más accesible que la activación química de carbones activados con H_3PO_4 .

Otros tipos de tratamientos empleados para la remoción de Plomo está basado en la nanotecnología, donde los autores GUERRA Alarcón, Alfredo y HIYAGON Arroyo, Genevie emplearon filtros de arcillas y llegaron a obtener un porcentaje de remoción de 98.21% de plomo y la presente investigación se obtuvo hasta 98.46% de remoción de Plomo. Considerando la eficiencia de las arcillas, esta investigación fue más eficiente con el tratamiento de las micronanoburbujas de aire, sin embargo ambos resultados fueron similares y óptimos para remover plomo de una solución.

Las evidencias fotográficas obtenidas en el laboratorio, al momento de llevar a cabo la experimentación, después del ajuste pH, mostraron que las partículas anaranjadas dispersas en la muestra tendieron a ascender a la superficie y se formó una capa densa. Este comportamiento de las micronanoburbujas es un mecanismo de acción propio, tal como señalaron los autores Beltrán y Jacinto en su investigación, por lo que obtuvieron la remoción de Cadmio, Hierro y Zinc. Para la presente tesis, ese mecanismo de las micronanoburbujas permitió la disminución de concentración de Aluminio y Plomo, debido a un grupo de burbujas más

pequeñas, es decir, no se trabajó con microburbujas sino con micronanoburbujas que corresponde a un grupo de burbujas con el diámetro más pequeño.

Es importante mencionar que el efecto de las burbujas son más eficientes a escalas menores en el tratamiento de aguas, una prueba de ello es que los investigadores HUAMÁN Pino, Gabriela, TOREM, Leonardo y VALDIVIEZO Gonzales, Lorgio. En su investigación, trabajaron con la electroflotación para conseguir microburbujas de diámetros $<60\ \mu\text{m}$ en cooperación con una bacteria *Rhodococcus opacus* (*R. opacus*) para lograr una remoción de caserita hasta los 64.5%. Considerando que en esta investigación solo se empleó flujo de agua y presión de aire para generar micronanoburbujas de aire $<6.74\ \mu\text{m}$ y se obtuvo porcentajes mayores al 90% para la remoción de metales (Al y Pb), se demuestra que esta investigación tiene mayor facilidad de aplicación ya que no necesita de varios elementos para generar burbujas a menor escala de tamaño y que al ser más pequeñas tiene un mayor resultado en la remoción.

Existen múltiples tratamientos para la remoción de metales y minerales, pero se diferencian en el tiempo de aplicación, en las condiciones necesarias para el tratamiento y la eficiencia de los resultados. La revisión de trabajos previos denota que con la presente investigación se obtiene buenos resultados, es de fácil aplicación y requiere de poco tiempo de tratamiento.

V. CONCLUSIONES

- Referente a las condiciones físicas del efluente, estas mejoraron ya que en los resultados se observó una reducción de la turbidez y la conductividad eléctrica, siendo los mejores resultados obtenidos en la muestra GMB en la cual se consiguió que la turbidez reduzca de 864 NTU a 18.59 NTU y la conductividad eléctrica de 10.51 mS/cm a 2.31 mS/cm. Respecto a la temperatura del efluente desde un inicio no superaba los VMA (<35) y después del tratamiento tampoco.
- En cuanto a las condiciones químicas del efluente, el tratamiento logró que el oxígeno disuelto inicial (6.75 mg/L) mejore en las muestras GMA (7.36 mg/L) y GMB (7.55 mg/L), excepto GMC donde se consiguió un valor menor de 6.09 mg/L.
- Asimismo, El pH del efluente que en un inicio era 0.55, es decir muy ácido, después del tratamiento, logró una tendencia a 7 (pH neutro), comparando estos resultados con los VMA, se puede concluir que el pH del efluente cumple con dicha normativa.
- La concentración de metales, Plomo y Aluminio, hallado en el efluente fue de 4.227 mg/L y 14.967 mg/L respectivamente y después del tratamiento se obtuvo como reducción de hasta 1.176 mg/L de concentración de plomo en la prueba 1 (GMA) y en la prueba 2 (GMB) se consiguió que la concentración de Aluminio reduzca hasta 0.065 mg/L. Comparando estos resultados con los VMA para plomo (10 mg/L) y Aluminio (0.5 mg/L), se puede concluir que el efluente tratado cumple con los VMA, demostrándose así el cumplimiento de la hipótesis general.
- Es preciso resaltar que la eficiencia del tratamiento en la reducción de aluminio y plomo es mayor al 90%, siendo 98.46 el mayor porcentaje de reducción que se evidenció en la presente investigación
- También es importante mencionar que el tiempo de aplicación del tratamiento con micronanoburbujas de aire se da en minutos, en este caso, 8 minutos siendo este tiempo menor que el tratamiento químico que aplicaba la fábrica durante 2 horas.

- Finalmente, se concluye que las micronanoburbujas es un tratamiento muy eficiente, además de no emplear reactivos de por medio, solo agua y aire, su principal acción está en su tamaño, y en esta investigación se llegó a tamaños promedios de 6.74 micras.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar el tratamiento a temperatura ambiente y en condiciones de pH que no sean básicas, de preferencia de pH neutro a ligeramente ácido.
- Se recomienda dejar las muestras en reposo para que las MNBs de aire accionen, se visualice la formación de 02 fases y se pueda retirar la fase con la concentración del contaminante.
- Se recomienda trabajar con MNBs de tamaño promedio de 7 μm o menor a ese valor, ya que estas tienen una mejor acción o eficiencia en tamaños pequeñísimos.
- Considerar las condiciones mencionadas en el presente trabajo, para la generación de MNBs de aire, es decir, utilizar un flujo de agua de 4.67 L/min y una presión de aire de 90 PSI.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDANA Arcila, E. Remoción de aluminios en aguas residuales usando especies macrófitas: una aplicación para el pasto vetiver. (Título profesional Ingeniero Ambiental). Manizales, Colombia: Universidad Católica de Manizales 2014

Disponible en:

<http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/782/Erika%20Juliana%20Aldana%20Arcila.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- BELTRAN ORTIZ, Cinda y JACINTO EULATE, Napoleón. Aplicación de microburbujas en la flotación de lodos de tratamiento de aguas ácidas de mina. Parte II: Flotación. *Rev. Met. UTO* [online]. 2012, n.32, pp. 20-27. ISSN 2078-5593.
- GUERRA Alarcón, Alfredo y HIYAGON Arroyo, Genevie. Tratamiento de agua con remoción de plomo aplicando nanotecnología. Tesis (Título profesional Ingeniero Sanitario). Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2012.
- HUAMÁN Pino, Gabriela Alejandra, TOREM, Maurício Leonardo y VALDIVIEZO Gonzales, Lorgio Gilberto, Electroflotation of cassiterite fines using a hydrophobic bacterium strain Rem: Revista Escola de Minas [en línea] 2013, 66 (Octubre-Diciembre): [Fecha de consulta: 3 de julio de 2016] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56429245016>> ISSN 0370-4467
- JABIONSKA, B. y SIEDLECKA, E. La eliminación de metales pesados de las aguas residuales con el uso de esquistos. Czestochowa, Polonia: Czestochowa University of Technology, 2015.

Disponible en:

http://ac.els-cdn.com/S0301479715000833/1-s2.0-S0301479715000833-main.pdf?_tid=fde1cd30-1719-11e6-8b9c-00000aab0f26&acdnat=1462931288_8e46c8552047aedcc4b443a7a5590f72

- MORIKAWA, Marino. [Videoconferencia] Conferencia TED: Usar la ciencia para limpiar un humedal, 2016.
- LAVADO MEZA, Carmencita; SUN KOU, Maria del Rosario y BENDEZU, Salvador. Adsorción de plomo de efluentes industriales usando carbones activados con

H₃PO₄. *Rev. Soc. Quím. Perú* [online]. 2010, vol.76, n.2 [citado 2016-06-30], pp. 165-178. Disponible en:

<http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000200007&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1810-634X.

- MARTINEZ García, S. y GUALDA Gil, Juan. *Electrónica de potencia: componentes, topologías y equipos*. [en línea]. España: Thompson. [fecha de consulta: 05 Mayo 2016].

Disponible en:

https://books.google.com.pe/books?id=izwxn8edxhAC&pg=PA287&dq=que+es+bateria+estacionaria+y+de+traccion&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=que%20es%20bateria%20estacionaria%20y%20de%20traccion&f=false

ISBN: 84-9732-397-1

- MARTINEZ, Juan, et. al. *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos - Fichas Temáticas Tomo II*. Montevideo, Uruguay: 2005.

Disponible en:

http://www.ccbasilea-crestocolmo.org.uy/wp-content/uploads/2010/11/gestion_r02-fichas_tematicas.pdf

- Organismo de Evaluación y de Fiscalización Ambiental - OEFA. *Fiscalización en aguas residuales*. Lima, Perú, 2014.

Disponible en:

https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

- Organización Mundial de la Salud - OMS, Agosto, 2015.

Disponible en:

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>

- TSUGE, Hideki. *Micro- and nanobubbles – Fundamentals and applications*. Tokio, Japón: 2014.

ISBN 978-981-4463-10-2 (Hardcover)

- Universidad de Alicante. Servicio de Gestión de la Investigación y Transferencia de Tecnología. 11 de mayo 2015. <<http://sgitt-otri.ua.es/es/empresa/tecnologia-quimica.html>> *Recuperación/ Eliminación de metales pesados en aguas residuales mediante tecnología electroquímica.*

Disponible en:

<http://sgitt-otri.ua.es/en/empresa/documentos/ot-0737-recuperacion-eliminacion-metales-pesados.pdf>

- YUMI, Ushikubo F. Los estudios fundamentales sobre el estado del agua con la generación de micro y nanoburbujas. Tesis (Grado de Doctor). Tokio, Japón: Universidad de Tokio, Facultad de Agricultura y Ciencias de la Vida, Departamento de Ingeniería Ambiental y Biológica, 2010.
- DS N°001-2015-Vivienda Establece los Valores Máximos Admisibles que debe tener un efluente industrial para ser descargado al sistema de alcantarillado.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
<u>Problema General:</u>	<u>Objetivo General:</u>	<u>Hipótesis General:</u>	<u>Variables de Estudio:</u>		
¿En qué medida la aplicación de micronanoburbujas de aire reducirá la concentración de los metales presentes en el efluente de la planta de producción de la fábrica Baterías Volta del distrito de Puente Piedra?	Analizar la variación de la concentración de metales en los efluentes de la planta de producción de la fábrica de Baterías Volta después de aplicarle las micronanoburbujas de aire	La aplicación de micronanoburbujas de aire reduce la concentración de metales presentes en el efluente de la planta de producción de la fábrica Baterías Volta del distrito de Puente Piedra	Variable Independiente: Micronanoburbujas de aire	Características Físicas	<ul style="list-style-type: none">-Tamaño de la burbuja (um)- Presión para generar MNB (PSI)- Presión Interna MNB (Pa)- Tipo de Gas (aire)- Tiempo (min)- Flujo (L/s)
<u>Problemas Específicos:</u>	<u>Objetivos Específicos:</u>	<u>Hipótesis Específicas:</u>			
¿Las características físicas del efluente mejorarán debido a la aplicación las micronanoburbujas de aire?	Determinar las características físicas del efluente (CE y turbidez) antes y después del tratamiento con las micronanoburbujas de aire	Las características físicas del efluente mejoran debido a la aplicación de las micronanoburbujas de aire	Variable Dependiente: Metales en los Efluentes de la fábrica Baterías “Volta”	Características Organolépticas	<ul style="list-style-type: none">-Olor-Color
¿Las características químicas del efluente mejorarán debido a la aplicación de las micronanoburbujas de aire?	Determinar las características químicas del efluente tratado antes y después del tratamiento con las micronanoburbujas de aire	Las características químicas del efluente mejoran debido a la aplicación de las micronanoburbujas de aire		Propiedades Físicas	<ul style="list-style-type: none">-Temperatura (°C)-Turbidez (NTU)-Conductividad eléctrica (mS/cm)
				Constituyentes Químicos	<ul style="list-style-type: none">-Oxígeno Disuelto (mg/L)-pH-Concentración de Plomo (mg/L)-Concentración de Aluminio (mg/L)

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 2: INSTRUMENTOS FICHAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Ficha de recolección de muestra - Pre Test									
Datos Generales:									
Nombre del sitio en estudio:					Departamento:				
Actividad principal:					Provincia:				
Dirección:					Distrito:				
Datos del punto de muestreo:									
Nombre del punto de muestreo:					Operador:				
Coordenadas UTM:			Este:		Protocolo de Muestreo:				
			Norte:						
Temperatura del ambiente(°C):					Observaciones:				
Datos de la muestra:									
Código de la muestra:					Fecha:				
					Hora:				
					Olor:				
					Color:				
					Observaciones				
Características organolépticas:									
Parámetros de campo			Valor		Unidad				
pH									
Temperatura									
Oxígeno Disuelto									
Conductividad									
Responsable:.....									

[Handwritten signature]
 JULIO ORDÓÑEZ
 GALVEZ



[Handwritten signature]
 LORGIO VALDIVIEZO
 GONZALES

Ficha de análisis de otros parámetros - Pre Test				
Datos Generales:				
Departamento:		Lugar:		
Provincia:		Fecha:		
Distrito:		Hora:		
Análisis de la muestra:				
Código de la muestra:		Origen de la muestra:		
		Fecha:		
Parámetros	Valor	Unidad	Observaciones	
Concentración de plomo				
Concentración de Aluminio				
Responsable:.....				


CIP 2209
JORGE VALDIVIA
GONZALES


ANA C. PAUCAR RETUERTA
BIOLOGA
C.B.P. 5546


JULIO ORDÓÑEZ
GALVEZ

Ficha de Observación en el tratamiento									
Datos Generales:									
Departamento:				Lugar:					
Provincia:				Fecha:					
Distrito:				Hora:					
Coordenadas UTM:		Este:		Temperatura del ambiente(°C):					
		Norte:							
Cambios en la muestra del efluente:									
Código de la muestra:						Tratamiento aplicado:			
Características visibles				Valor		Unidad		Observaciones	
Tiempo de acción									
Flujo									
Olor									
Color									
Responsable:.....									



[Signature]
 20: 8402
 JULIO ORDOÑEZ GALVEZ

[Signature]
 CIP 77088
 LORGIA VALDIVIEZO GONZALEZ

Ficha de recolección de muestra - Post Test									
Datos Generales:									
Nombre del sitio en estudio:					Departamento:				
Actividad principal:					Provincia:				
Dirección:					Distrito:				
Datos del punto de muestreo:									
Nombre del punto de muestreo:					Operador:				
Coordenadas UTM:			Este:		Protocolo de Muestreo:				
			Norte:						
Temperatura del ambiente(°C):					Observaciones:				
Datos de la muestra:									
Código de la muestra:					Fecha:				
					Hora:				
Características organolépticas:					Olor:				
					Color:				
Parámetros de campo			Valor		Unidad		Observaciones		
pH									
Temperatura									
Oxígeno Disuelto									
Conductividad									
Responsable:.....									



[Signature]
 D. L. ORDÓÑEZ GALVEZ

<div>Ficha de análisis de otros parámetros - Post Test</div>					
Datos Generales:					
Departamento:			Lugar:		
Provincia:			Fecha:		
Distrito:			Hora:		
Análisis de la muestra:					
Código de la muestra:			Origen de la muestra:		
			Fecha:		
Parámetros	Valor	Unidad	Observaciones		
Concentración de plomo					
Concentración de Aluminio					
Responsable:.....					


 CIP 11033
 JORGE VALDIVIEZO
 GONZALES




 DULIO ORDOÑEZ GALVEZ

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: ORDÓÑEZ SALVÉS, JUAN JULIO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA EAJA
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHAS
 1.4. Autor(A) de Instrumento: PRISCILA GARCIA BERMUDEZ

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 17 de Junio del 2016

[Firma]
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 08447308 Telf.: 599648



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Pavez Pavezto
 1.2. Cargo e institución donde labora: Coor. Pol. Social E.A.P. Mg. Anllistal
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Priscila García Bunde

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												/	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											/		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												/	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												/	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												/	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												/	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												/	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												/	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													/
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													/

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

10/10

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

100 %

Lima, 17 quinto del 2016

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 10629201 Tel. 993084400

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Volmundo Gonzales Lopez
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Fichas
 1.4. Autor(A) de Instrumento: PRISCILA GARCIA BERMUDEZ

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 17 Junio del 2016


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 40323063. Telf:

ANEXO 3: ANTECEDENTES DE LOS EFLUENTES DE LA FÁBRICA BATERÍAS VOLTA

Descripción del Tratamiento químico realizado por Baterías Volta

La empresa Volta, obtiene aguas residuales ácidas de sus procesos químicos para la elaboración de baterías, estos efluentes sobrepasan los Valores Máximos Admisibles (Ver Cuadro N° 01). Por ello, realizan un tratamiento químico utilizando el hidróxido de sodio y el carbonato de Bario para elevar el pH a valores admitidos y que precipite los metales pesados de sus efluentes y luego sean sedimentados. Este proceso lo realizan aproximadamente cada 6 días, dependiendo de la producción. Utilizan 25 Kg de ambos químicos y cada kilo les cuesta 3 dólares.

Cuadro N° 01: Características del efluente de la planta de producción de Baterías Volta

Parámetros	Efluente	VMA
Concentración Pb	2.33 (mg/L)	0.50
pH	1.89	7.0- 8.0

Fuente: Fábrica de Baterías Volta

PRODUCTOS QUÍMICOS Y SERVICIOS E.I.R.L.

Importadores – Distribuidores – Fabricantes- Asesores Técnicos
Productos Químicos – Reactivos – Análisis Químico

REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

Solicitante : BATERIAS VOLTA S.A.
Tipo de Muestra : Muestra líquida " Agua Residual Ácida"
Procedencia :
Fecha de Recepción : 30 de Mayo del 2016
Referencia : P&Q 2010-2011 / 2016

Tipo de Muestra	RESULTADOS DE ANÁLISIS				
	Pb (mg/L)	SULFATOS (mg/L)	pH		
AGUA RESIDUAL ÁCIDA_MUESTRA INICIAL	2.33	1430	1.89		
AGUA RESIDUAL ÁCIDA_MUESTRA FINAL	0.42	111	7.19		

Lima, 01 de Junio del 2016

METODO ANALITICO

USP XXIII 7664-93-9

Av. TRUJILLO MZ I 14 LT 19 - MI PERÚ - CALLAO
Tel. 726- 2077 / RPC: 962774682 Email: nancydiaz@pqquimicosyservicios.com

ANEXO 4: EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS



Figura 5 Poza que almacena las aguas industriales de la fábrica

Fuente: Elaboración Propia



Figura 6 Aguas industriales de la fábrica Baterías Volta

Fuente: Elaboración Propia



Figura 7 Extrayendo muestra de la poza de la fábrica

Fuente: Elaboración Propia

GENERACIÓN DE MICRONANOBURBUJAS



Figura 8 *Generador de Micronanoburbujas*

Fuente: Elaboración Propia



Figura 9 Colocando el generador de Micronanoburbujas

Fuente: Elaboración Propia



Figura 10 Generación de Micronanoburbujas de aire

Fuente: Elaboración Propia



Figura 11 *Generación de Micronanoburbujas*

Fuente: Elaboración Propia

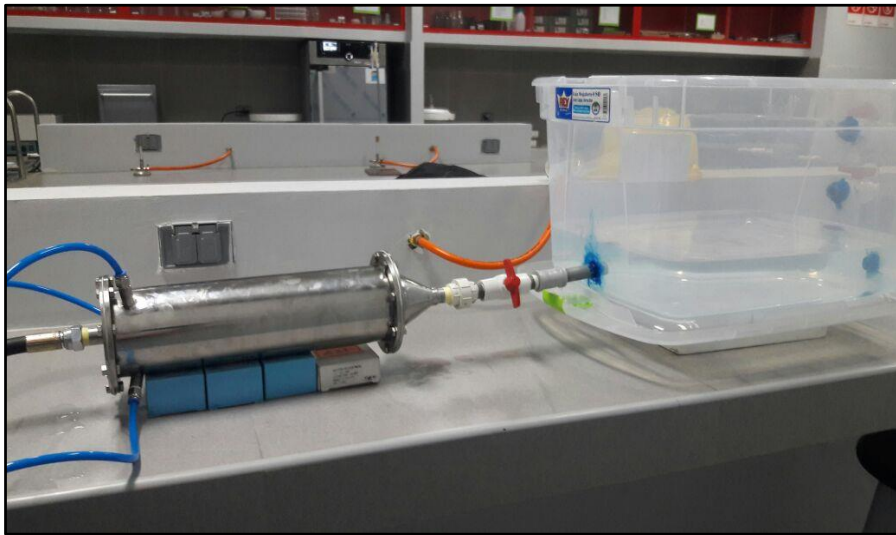


Figura 12 Generador de Micronanoburbujas y recipiente de salida

Fuente: Elaboración Propia

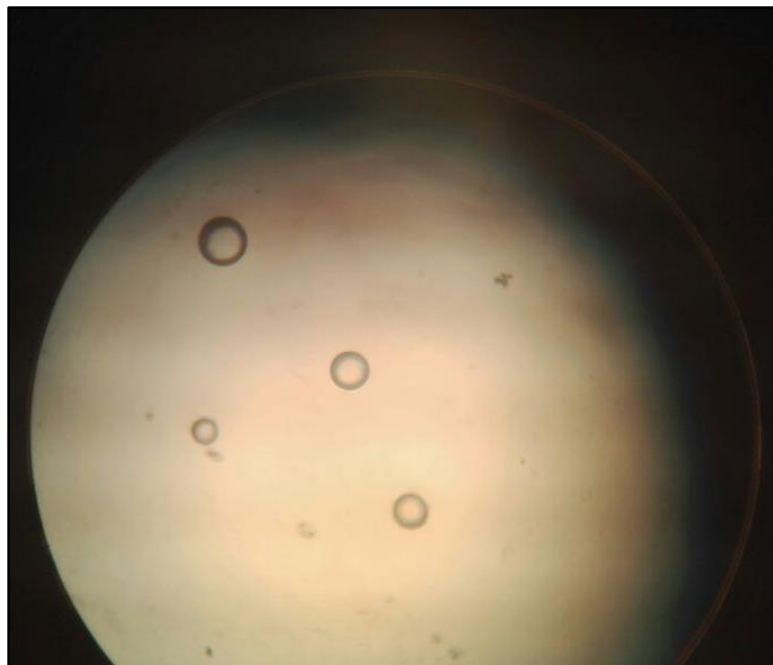


Figura 13 Vista de MNBs de aire desde un microscopio

Fuente: Elaboración Propia

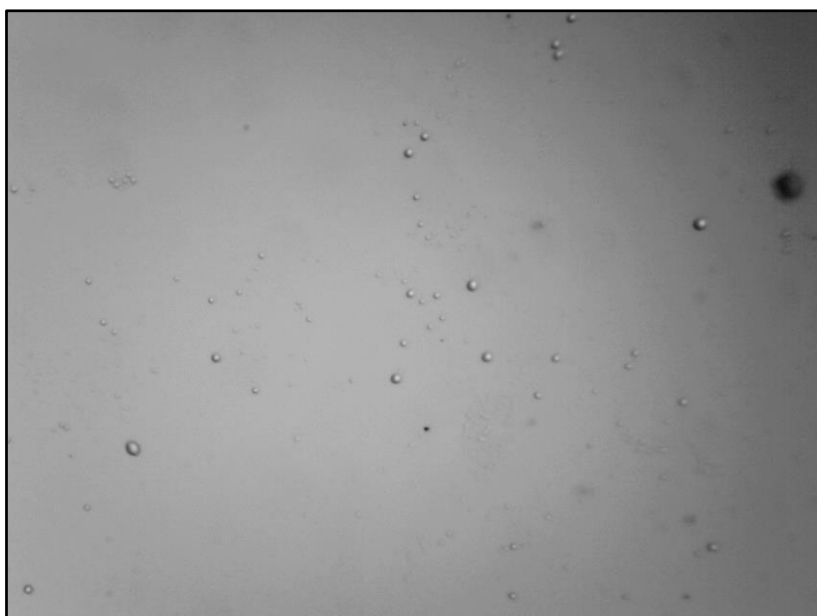


Figura 14 Vista de MNBs desde un microscopio ajustado con un software

Fuente: MaxCorp



Figura 15 Midiendo el pH de las muestras

Fuente: Elaboración Propia

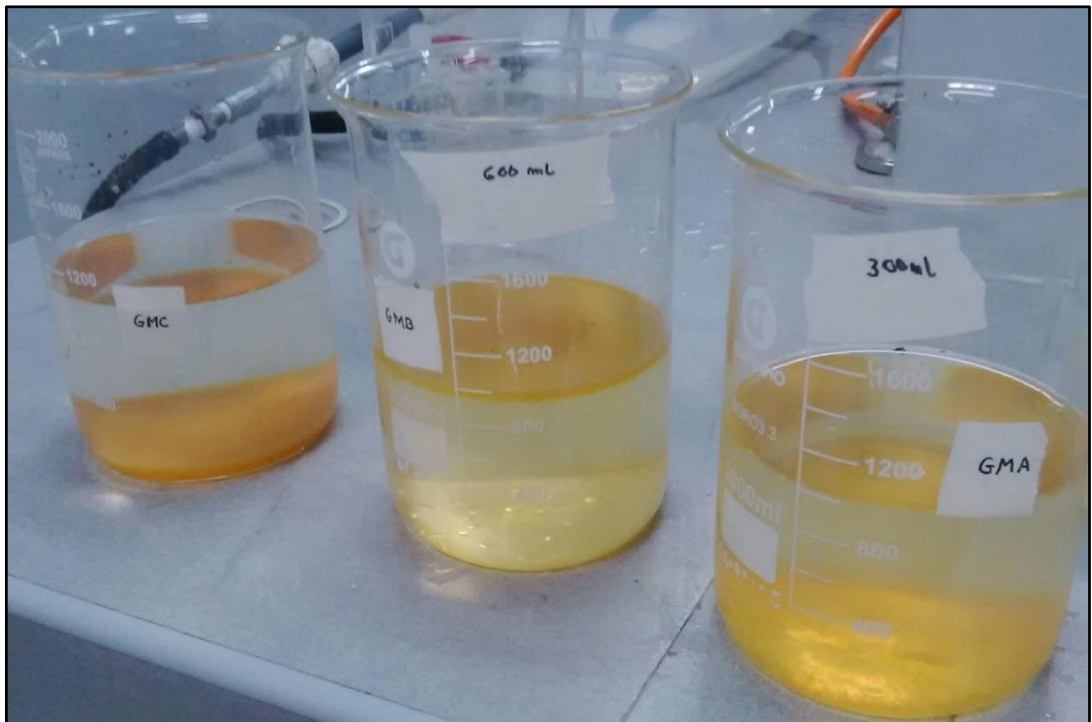


Figura 16 Acción de las MNBs de aire en las muestras

Fuente: Elaboración Propia

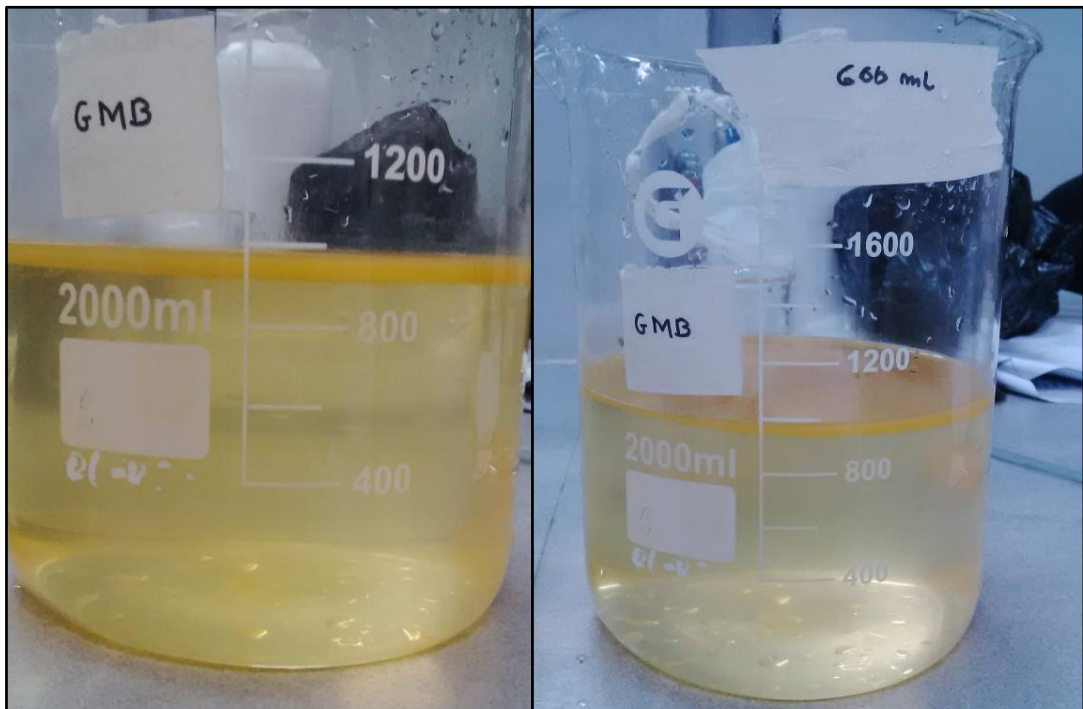


Figura 17. Muestra GMB con MNBs de aire

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 5: INFORME DE LABORATORIO SOBRE LAS MUESTRAS DEL EFLUENTE



INFORME TÉCNICO N° 1890 – 16 – LAB. 12

1. DATOS DEL SOLICITANTE

1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : PRISCILA GARCÍA BERMUDEZ

2. CRONOGRAMA DE FECHAS

2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 / 12 / 2016

2.2 FECHA DE ENSAYO : 14 / 12 / 2016

2.3 FECHA DE EMISIÓN : 15 / 12 / 2016

3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE AGUA

4. DATOS REFERENCIALES DE LAS MUESTRAS

4.1 IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS : 04 MUESTRAS DE AGUA

MUESTRA	CÓDIGO	FECHA	HORA
M1	GMI	12/12/16	04:22 p.m.
M2	GMA	12/12/16	04:25 p.m.
M3	GMB	12/12/16	04:30 p.m.
M4	GMC	12/12/16	04:33 p.m.

5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO N°12 - FACULTAD DE CIENCIAS

6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 24.6 °C; Humedad relativa: 61%


7. EQUIPO UTILIZADO : Espectrofotómetro de absorción atómica
SHIMADZU AA-7000


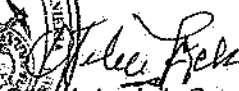
8. RESULTADOS

ENSAYO	M1	M2	M3	M4	MÉTODO UTILIZADO
Aluminio (Al), ppm	14.967	1.176	1.421	11.996	APHA 3500-Al
Plomo (Pb), ppm	4.227	0.264	0.065	0.116	APHA 3500-Pb

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.


Bach. Jesús Utano Reyes
Analista Químico
LABICER – UNI



M. Sc. Orilia Acha de la Cruz
Responsable del análisis
Jefe de Laboratorio
CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXO 6: REPORTE DE MEDICIÓN DE LAS MICRONANOBURBUJAS



Lima, 17 de febrero de 2017

REPORTE DE MEDICIÓN

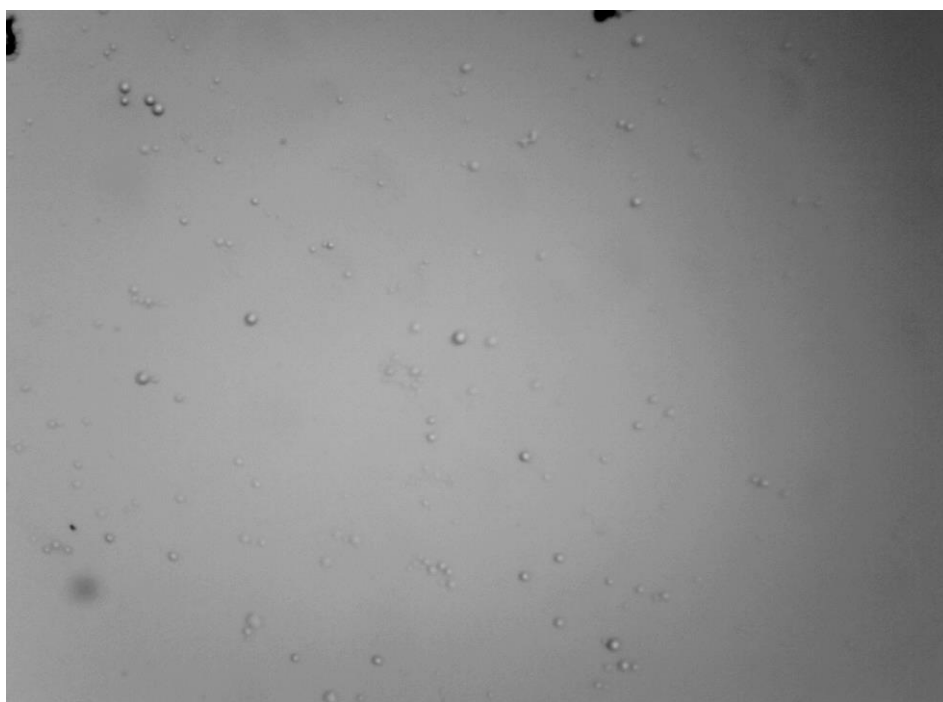
Presente. -

Atención: **Jhonny Wilfredo Valverde Flores**

De nuestra consideración:

Por medio de la presente reciba un cordial saludo, así mismo le hacemos llegar el reporte de medición de diámetros de las burbujas encontradas como sigue.

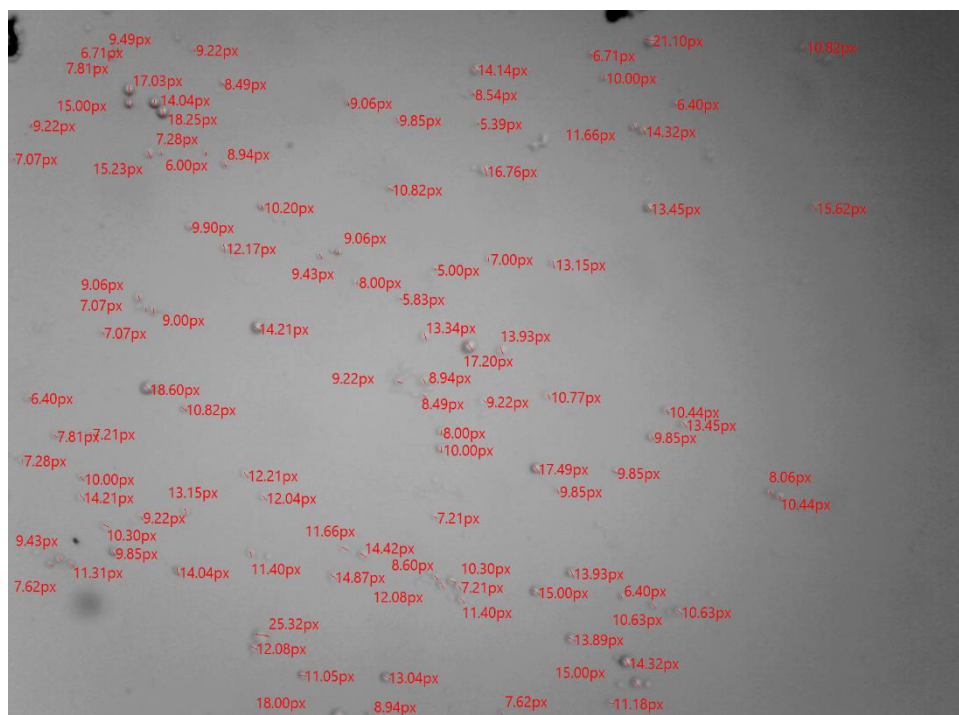
1. Se añadió a un portaobjetos 03 gotas de la muestra suministrada con un gotero de vidrio.
2. Se expuso la muestra a un microscopio óptico con cámara digital, obteniendo 05 imágenes con un aumento de 40X.



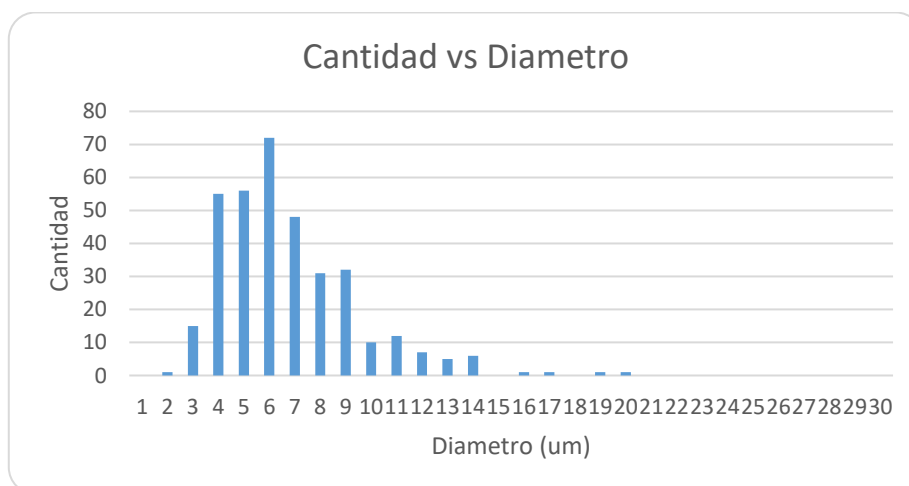
3. El equipo se calibro con una muestra patrón de 30 micras, obteniendo una escala de: $1\text{px}=0.625\mu\text{m}$.
4. Se procedió a medir el diámetro (en pixeles) de las burbujas encontradas en las 05 imágenes tomadas aleatoriamente.

MAXCORP TECHNOLOGIES S.A.C RUC: 20600023901

DIRECCIÓN: CA. FELIPE DE ZELA 796 OFIC. 302 URB. LOS FICUS SANTA ANITA
TELEFONOS: (01) 704-8958 / 969677726



5. La cantidad total de mediciones realizadas fueron de 354.
6. El promedio de los diámetros encontrados es de 6.74 micras, con una desviación estándar de 2.71 micras.
7. El grafico de frecuencias “Cantidad vs diámetro” obtenido es el siguiente:



Recomendaciones:

1. Para una evaluación y validación apropiada y correcta se recomienda definir bien su tamaño de muestra (alrededor de 10,000 mediciones).

MAXCORP TECHNOLOGIES S.A.C RUC: 20600023901

DIRECCIÓN: CA. FELIPE DE ZELA 796 OFIC. 302 URB. LOS FICUS SANTA ANITA

TELEFONOS: (01) 704-8958 / 969677726



2. Se recomienda tomar en cuenta y detallar todos los factores que influyen en el tiempo de vida de la muestra (calor, colisión, tiempo, cantidad, etc)

Se adjunta en hoja Excel las imágenes y base de datos de los diámetros obtenidos.

Se entrega la presente para los fines que se crea conveniente. MAXCORP no se hace responsable por el uso indebido de esta información.

Atentamente,

MAXCORP TECHNOLOGIES S.A.C.

MAX DAVID QUISPE BONILLA
Gerente General

Yo, Jhonny Wilfredo Valverde Flores, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional de Ing. Ambiental, de la Universidad César Vallejo Ln (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada:

" Reducción de metales en los efluentes de la planta de producción aplicando micronanoburbujas de aire en la fábrica Baterías Volta del distrito de Puente Piedra, Lima - 2016 "

del (de la) estudiante Priscila Dafne Grace Gansá Bermudez, constató que la investigación tiene un índice de similitud de 23.3 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los olivos 11 de Diciembre de 2018

Jhonny Valverde P

Firma de Docente

DNI: 18125253



Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

GARCÍA BERMUDEZ, Priscila Dafne Grace

INFORME TITULADO:

"Reducción de metales en los efluentes de la planta de producción aplicando micronanoburbujas de aire en la fábrica Baterías Volta del distrito de Puente Piedra, Lima-2016"

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 19/12/2016

NOTA O MENCIÓN: 12



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

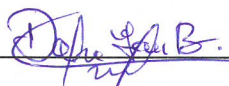
Dr. Elmer Benites Alfaro

Yo PRISCILA DAFNE GRACE GARCÍA BERMUDEZ, identificado con DNI N° 47615899, Egresado(a) de la Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL. De la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

“REDUCCIÓN DE METALES EN LOS EFLUENTES DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN APLICANDO MICRONANOBURBUJAS DE AIRE EN LA FÁBRICA BATERÍAS VOLTA DEL DISTRITO DE PUENTE PIEDRA, LIMA-2016”, en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....



FIRMA

DNI: 47615899

FECHA: Los Olivos 28 de diciembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------